

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

03P02692



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 18 477 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
G 05 B 13/02

⑳ Aktenzeichen: 101 18 477.8
㉒ Anmeldetag: 12. 4. 2001
㉔ Offenlegungstag: 6. 12. 2001

③① Unionspriorität:
00-113073 14. 04. 2000 JP
⑦① Anmelder:
Seiko Epson Corp., Tokio/Tokyo, JP
⑦④ Vertreter:
Hoffmann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82166
Gräfelfing

⑦② Erfinder:
Miyazawa, Hiroshi, Suwa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Verfahren zur Bestimmung von Motorgeschwindigkeit und -beschleunigung, Verfahren zur Erzeugung von Beschleunigung/Abbremsung, Beschleunigungs/Abbremsungsterverfahren, Beschleunigungs/Abbremsungsterverrichtung und Motorsterverrichtung
- ⑤⑦ Eine Beschleunigungs-Verzögerungssteuerung wird auf der Grundlage einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung so durchgeführt, daß ein Maximalbetrag J_{max} des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als ein vorgegebener Wert gemacht wird, wenn ein Soll-Ausmaß der Servomotorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß S_{max} der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Servomotors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit V_{max} und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung A_{max} erreichen kann.

DE 101 18 477 A 1

DE 101 18 477 A 1

Beschreibung

Technischer Hintergrund

- 5 [0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Steuerung der Beschleunigung/Verzögerung eines Motors und insbesondere die Erzeugung einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve, um Schwingungen eines Gegenstandes einer Steuerung wie etwa eines Roboter manipulators unterdrücken zu können, wenn ein Befehl zum Bewegen über einen kurzen Abstand dem Gegenstand der Steuerung erteilt wird.
- 10 [0002] Herkömmlicherweise erledigt ein Manipulator eine Arbeit durch Wiederholen einer Operation des Bewegens eines Endeffektors von einem gelernten Punkt zum nächsten gelernten Punkt, wie durch einen Benutzer angewiesen. Im Betrieb wird von einem gelernten Punkt zu einem anderen eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung über einen Servomotor durchgeführt, der ein Gelenk des Manipulators betätigt. So wird der Endeffektor auf der Grundlage einer vorgegebenen Beschleunigungs-/Verzögerungskurve beschleunigt, bis die Beschleunigung eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit erreicht. Nach einer vorgegebenen Periode konstanter Geschwindigkeit wird der Endeffektor auf der Grundlage der vorgegebenen Beschleunigungs-/Verzögerungskurve in der gleichen Weise wie bei der Beschleunigung abgebremsst. So wird die Operation des Anhaltens des Endeffektors am nächsten gelernten Punkt durchgeführt. Bei einer solchen Servomotor-Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung kann eine trapezförmige Beschleunigungs-/Verzögerungskurve verwendet werden. Bei einer solchen Beschleunigungs-/Verzögerungskurve wird jedoch die Beschleunigung an einem Geschwindigkeitsschaltzeitpunkt, wenn die Beschleunigung beginnt, endet, etc. unstetig. Der auf den Manipulator ausgeübte Stoß und dessen Schwingung wird an diesem Zeitpunkt stark. Um Stoß und Schwingung zu vermeiden, ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung vorgeschlagen worden, bei der sich eine solche Beschleunigungs-/Verzögerungskurve auf den gesamten Bereich vom Startpunkt über die Maximalgeschwindigkeit zum Endpunkt sanft ändert, um so eine Stetigkeit der Beschleunigung zu gewährleisten.
- 15 [0003] Eine solche Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung hat jedoch den Nachteil, daß die Schwingung des Manipulators verstärkt wird, wenn ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Bewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Betriebsgeschwindigkeit und Betriebsbeschleunigung erreicht (im folgenden als eine "kleine Bewegung" bezeichnet). Um das Problem von Schwingungen bei einer solchen kleinen Bewegung zu lösen, ist in der japanischen Patentanmeldung Nr. 2-22559 ein Verfahren vorgeschlagen worden, bei dem vorab eine Simulation durchgeführt wird, um eine Korrekturdatentabelle zu erzeugen; optimale Maximalgeschwindigkeit, Beschleunigungszeit und Verzögerungszeit auf der Grundlage der Korrekturabelle bestimmt werden; und eine Geschwindigkeitskurve auf der Grundlage dieser Werte korrigiert wird, um so Schwingungen zu unterdrücken.
- 20 [0004] Daten in der Korrekturabelle werden jedoch als ein Simulationsergebnis erhalten und werden nicht auf der Grundlage eines vorgegebenen Algorithmus bestimmt. Deswegen muß eine solche Korrekturabelle durch wiederholten Versuch und Irrtum erzeugt werden.
- 35

Kurzbeschreibung der Erfindung

- 40 [0005] Die vorliegende Erfindung ist auf diese Umstände zugeschnitten, und ein Ziel von ihr ist, anzugeben: ein Verfahren zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung, um eine Beschleunigungs-/Verzögerungskurve zu erzeugen, mit der eine ein einem mechanischen System erzeugte Schwingung unterdrückt werden kann, wenn ein Ausmaß von Bewegung, das der kleinen Bewegung entspricht, unter stetig gehaltener Beschleunigung mit Beschleunigungs-/Verzögerungskontrolle gesteuert wird; ein Beschleunigungs-/Verzögerungserzeugungsverfahren zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve auf der Grundlage der Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung, die durch das oben erwähnte Verfahren zum Bestimmen von Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung gegeben sind; ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerverfahren, bei dem das oben erwähnte Verfahren zum Bestimmen von Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung verwendet wird; eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung, die das oben erwähnte Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerverfahren verwendet; eine Motorsteuervorrichtung, die das oben erwähnte Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerverfahren verwendet; und so weiter.
- 45 [0006] (1) Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Motorgeschwindigkeits-/Beschleunigungsbestimmungsverfahren wie folgt konfiguriert. Bei der Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung zum stetigen Ändern der Beschleunigung, um eine Beschleunigung oder Verzögerung durchzuführen, wird ein Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve für den Motor für den Fall angegeben, wo ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, welches erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei das Verfahren einen Schritt des Bestimmens einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Stoß- bzw. Beschleunigungsdifferentialsteuerung gemäß dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung durchzuführen, um einen Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, das ist der Wert der Ableitung der Beschleunigung, nicht größer als einen vorgegebenen Wert oder gleich dem vorgegebenen Wert zu machen.
- 50 [0007] (2) Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen einer Motorgeschwindigkeit/Beschleunigung wie folgt konfiguriert. Bei der Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung zum stetigen Ändern einer Beschleunigung, um eine Beschleunigung oder Verzögerung durchzuführen, wird ein Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve des Motors für den Fall angegeben, daß ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, welches erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei das Verfahren einen Schritt des Bestim-
- 55
- 60
- 65

mens einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung durch Auswählen und Durchführen eines von zwei Prozessen entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung umfaßt, wobei die zwei Prozesse bestehen aus Prozessen des Bestimmens einer Maximalgeschwindigkeit zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung unter Anwendung der angewiesenen Maximalbeschleunigung als Maximalbeschleunigung für die Steuerung und des Bestimmens einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung derart, dass ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als ein vorgegebener Wert oder gleich dem vorgegebenen Wert gemacht wird.

[0008] (3) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen einer Motor- geschwindigkeit/Beschleunigung so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (2) der vorgegebene Wert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der maximale Betrag des Beschleunigungsdifferentialwertes bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung an einem Schaltpunkt ist, wo der Prozeß geschaltet wird.

[0009] (4) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen einer Motor- geschwindigkeit/Beschleunigung so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (3) der maximale Betrag des Beschleuni- gungsdifferentialwertes am Schaltpunkt auf der Grundlage einer Maximalgeschwindigkeit festgelegt ist, die erforderlich ist, um durch die vorgegebene Maximalbeschleunigung und auf der Grundlage der vorgegebenen Maximalbeschleuni- gung das Soll-Ausmaß der Motorbewegung zu erreichen.

[0010] (5) Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen der Motorge- schwindigkeit/Beschleunigung so beschaffen, daß in einem beliebigen der obigen Absätze (3) und (4) die Einstellung des Schaltpunktes nach dem Willen eines Benutzers verändert werden kann.

[0011] (6) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen der Motorge- schwindigkeit/Beschleunigung so beschaffen, daß in einem beliebigen der obigen Absätze (3) bis (5) der Schaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet ist.

[0012] (7) Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen der Motorge- schwindigkeit/Beschleunigung so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (6) der Parameter als ein Verhältnis in Bezug auf das minimale Ausmaß der Motorbewegung festgelegt wird.

[0013] (8) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen der Motorge- schwindigkeit/Beschleunigung so beschaffen, daß in einem beliebigen der obigen Absätze (1) bis (7) die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung vorgesehen ist, um eine Positionierung eines Gegenstandes der Steuerung unter Unterdrückung von Schwingungen des Gegenstandes durchzuführen.

[0014] (9) Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Erzeugen einer Beschleunigungs- /Verzögerungskurve so beschaffen, daß die Beschleunigungs-/Verzögerungskurve auf der Grundlage der Maximalge- schwindigkeit und der Maximalbeschleunigung erzeugt wird, die mit dem Verfahren zum Bestimmen der Motorge- schwindigkeit und Beschleunigung erhalten sind, die in einem der obigen Absätze (1) bis (8) definiert sind.

[0015] (10) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Steuern der Beschleuni- gung/Verzögerung wie folgt konfiguriert. Es ist ein Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-Verzögerungs- steuerung eines Motors vorgesehen, um den Motor durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors zu beschleu- nigen/verzögern, wobei das Verfahren einen Schritt des Durchführens einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung auf der Grundlage einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung derart umfaßt, daß ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der ein Ableitungswert der Beschleunigung ist, nicht größer als oder ständig gleich einem vorgegebenen Wert in dem Fall gemacht wird, wo ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalge- schwindigkeit und Maximalbeschleunigung erreichen kann.

[0016] (11) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuer- verfahren wie folgt konfiguriert. Es ist ein Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-Verzögerungssteuerung eines Motors vorgesehen, bei dem der Motor durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors beschleunigt/abge- bremsst wird, wobei das Verfahren einen Schritt des Auswählens und Durchführens eines von zwei Steuerprozessen ent- sprechend einem Soll-Ausmaß einer Motorbewegung in dem Fall umfaßt, wo das Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei die zwei Steuerprozesse aus einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung und einer angewiesenen Beschleunigungsdifferenti- alsteuerung bestehen, wobei die angewiesene Beschleunigungssteuerung den Motor so steuert, daß eine Maximalbe- schleunigung in der Beschleunigungs-/Verzögerungsoperation gleich der vorgegebenen Maximalbeschleunigung wird, die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung den Motor so steuert, daß ein Maximalbetrag des Beschleuni- gungsdifferentialwertes, der ein Ableitungswert der Beschleunigung ist, nicht größer als ein vorgegebener Wert oder konstant gleich diesem wird.

[0017] (12) Gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungs- steuerverfahren so konfiguriert, daß in dem obigen Absatz (11) der vorgegebene Wert in der angewiesenen Beschleuni- gungsdifferentialsteuerung der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes in der angewiesenen Beschleuni- gungssteuerung an einem Umschaltpunkt ist, wo der Prozeß umgeschaltet wird.

[0018] (13) Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuer- verfahren so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (12) der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes am Schaltpunkt auf der Grundlage einer Maximalgeschwindigkeit, die erforderlich ist, um das Soll-Ausmaß der Motorbe- wegung durch die vorgegebene Maximalbeschleunigung zu erreichen, und auf der Grundlage der vorgegebenen Maxi- malbeschleunigung spezifiziert ist.

[0019] (14) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuer- verfahren so beschaffen, dass in einem beliebigen der obigen Absätze (12) und (13) die Einstellung des Schaltpunktes nach dem Willen des Benutzers verändert werden kann.

[0020] (15) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerungsverfahren so beschaffen, daß in einem beliebigen der obigen Absätze (12) bis (14) der Schaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet wird.

[0021] (16) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerungsverfahren so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (15) der Parameter als Verhältnis mit Bezug auf das minimale Ausmaß der Motorbewegung festgelegt wird.

[0022] (17) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerungsverfahren so beschaffen, daß in einem beliebigen der obigen Absätze (10) bis (16) die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung vorgesehen ist, um eine Positionierung eines Gegenstandes der Steuerung bei gleichzeitiger Unterdrückung von Schwingung des Gegenstandes durchzuführen.

[0023] (18) Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung beschaffen wie folgt. Eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors ist vorgesehen, welche umfaßt: eine Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung, so daß ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als ein vorgegebener Wert oder ständig gleich diesem wird, wenn ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit der Motor eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann; und ein Referenzwerterzeugungsmittel zum Erzeugen und Ausgeben eines Positionsreferenzwertes auf der Grundlage der Maximalgeschwindigkeit und der Maximalbeschleunigung, die durch die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung erhalten sind.

[0024] (19) Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung beschaffen wie folgt. Es ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung eines Motors zum Beschleunigen/Verzögern des Motors durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors vorgesehen, welche umfaßt: Eine Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung durch Auswählen und Ausführen eines von zwei Prozessen gemäß einem Soll-Ausmaß der einer Motorbewegung, wenn das Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei die zwei Prozesse bestehen aus einem Prozeß zum Neubestimmen einer Maximalgeschwindigkeit zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung auf der Grundlage des Soll-Ausmaßes der Motorbewegung, um die Maximalbeschleunigung bei einer Beschleunigungs-/Verzögerungsoperation gleich der vorgegebenen Maximalbeschleunigung zu machen, und einem anderen Prozeß zum Neubestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung auf der Grundlage des Soll-Ausmaßes der Motorbewegung derart, dass ein Maximalwert des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitungswert der Beschleunigung ist, nicht größer als oder konstant gleich einem vorgegebenen Wert gemacht wird; und eine Referenzwerterzeugungseinrichtung zum Erzeugen und Ausgeben eines Positionsreferenzwertes auf der Grundlage der mit der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung erhaltenen Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung.

[0025] (20) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (19) der vorgegebene Wert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung an einem Umschaltpunkt ist, wo der Prozeß umgeschaltet wird.

[0026] (21) Gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (20) der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes an dem Umschaltpunkt auf der Grundlage einer Maximalgeschwindigkeit, die erforderlich ist, um das Soll-Ausmaß der Motorbewegung mit der vorgegebenen Maximalbeschleunigung zu erreichen, und auf der Grundlage der vorgegebenen Maximalbeschleunigung spezifiziert ist.

[0027] (22) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung so beschaffen, daß bei einem beliebigen der obigen Absätze (20) und (21) die Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung ferner eine Einstelleinrichtung zum Einstellen und Ändern des Schaltpunktes umfaßt.

[0028] (23) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung so beschaffen, daß bei einem beliebigen der obigen Absätze (20) bis (22) der Schaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet ist.

[0029] (24) Gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung so beschaffen, daß in dem obigen Absatz (23) der Parameter ein Verhältnis mit Bezug auf das minimale Ausmaß der Motorbewegung ist.

[0030] (25) Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung so beschaffen, daß in einem beliebigen der obigen Absätze (18) und (24) die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung vorgesehen ist, um die Positionierung eines Steuerungsgegenstandes unter Unterdrückung der Schwingung des Gegenstandes durchzuführen.

[0031] (26) Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Motorsteuervorrichtung so beschaffen, daß die Motorsteuervorrichtung einen Positionsreferenzwert empfängt, der von der in einem der obigen Absätze (18) bis (25) definierten Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung geliefert wird, um so wenigstens einen Motor gemäß dem Positionsreferenzwert zu steuern.

[0032] Gemäß Absätzen (1), (9), (10), (18) und (26) ist der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes auf einen kleinen Wert beschränkt, so daß der Maximalbetrag nicht größer als ein vorgegebener Wert wird. Dadurch kann die einem durch den Motor angetriebenen mechanischen System aufgeprägte Schwingung unterdrückt werden.

[0033] Gemäß Absätzen (2), (9), (11), (19) und (26) wird zwischen der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung und der angewiesenen Beschleunigungssteuerung je nach Soll-Ausmaß der Motorbewegung umgeschaltet. So kann ein System aufgebaut werden, bei dem die Bewegungszeiten verkürzt sind und die Schwingung unterdrückt ist.

[0034] Gemäß Absätzen (3), (4), (9), (12), (13), (20), (21) und (26) ist der vorgegebene Wert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der Maximal-Beschleunigungsdifferentialwert (das Maximum des Betrages der Beschleunigungsdifferential) bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung am Umschaltzeitpunkt. Wenn das Soll-Ausmaß der Motorbewegung stetig verändert wird, ändern sich die erhaltene Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bewegungszeit stetig. So wird ein im ganzen natürlicher Betrieb erreicht.

[0035] Gemäß Absätzen (5), (9), (14), (22) und (26) kann der Schaltzeitpunkt nach dem Willen eines Benutzers geändert werden. So kann je nach Genauigkeit, zulässigem Schwingungsbereich, etc., die für den Aufbau des Systems erforderlich sind, der optimale Umschaltzeitpunkt eingestellt werden.

[0036] Gemäß Absätzen (6), (7), (9), (15), (16), (23), (24) und (26) kann der Schaltzeitpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet werden. Daher kann der Schaltzeitpunkt ohne Rücksicht auf das Ausmaß der Motorbewegung eingestellt werden.

[0037] Gemäß Absätzen (8), (9), (17), (25) und (26) kann die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung durchgeführt werden. So kann ein Steuerungsgegenstand positioniert werden, während die Schwingung des Gegenstandes unterdrückt ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0038] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung gemäß einer Ausgestaltung des vorliegenden Erfindung zeigt;

[0039] Fig. 2 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Ausmaß der Motorbewegung und dem Beschleunigungsdifferentialwert mit dimensionslosen Parametern bei einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung zeigt;

[0040] Fig. 3 ist ein Graph, der ein Beispiel einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve (Sinuskurve) zeigt;

[0041] Fig. 4 ist ein Graph, der ein anderes Beispiel der Beschleunigungs-/Verzögerungskurve (modifizierte Sinuskurve) zeigt;

[0042] Fig. 5 ist ein Graph, der ein weiteres Beispiel der Beschleunigungs-/Verzögerungskurve (Dreieckskurve) zeigt;

[0043] Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das einen Fluß der Verarbeitung in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0044] Fig. 7 ist ein Graph, der eine Beschleunigungsdifferentialkurve zu der in Fig. 4 abgebildeten Beschleunigungs-/Verzögerungskurve zeigt;

[0045] Fig. 8 ist ein Graph, der eine Beschleunigungsdifferentialkurve zu der in Fig. 5 abgebildeten Beschleunigungs-/Verzögerungskurve zeigt;

[0046] Fig. 9 ist ein Graph, der eine Beschleunigungsdifferentialkurve zu der in Fig. 6 abgebildeten Beschleunigungs-/Verzögerungskurve zeigt;

[0047] Fig. 10 ist ein Graph zum Erläutern des Unterschieds bei der Restschwingungscharakteristik eines mechanischen Systems mit einem kleinen Ausmaß von Motorbewegung zwischen einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung und einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausgestaltung

[0048] Vor der Beschreibung einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung werden die Anforderungen für die Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung beschrieben. Eine Anforderung ist, daß die einem mechanischen System wie oben zum Stand der Technik beschrieben aufgeprägte Schwingung unterdrückt wird. Die andere Anforderung ist, die Bewegungszeit (Positionierzeit) zu verkürzen.

[0049] Ein Verfahren für eine angewiesene Beschleunigungssteuerung wird als ein Verfahren zum Befriedigen der letzteren Anforderung bei einer kleinen Bewegung angesehen. Dieses Verfahren ist ein Steuerverfahren, bei dem die Maximalgeschwindigkeit verringert wird, wodurch es möglich wird, einen Manipulator mit dem Soll-Ausmaß der Bewegung zu steuern, während eine vorgegebene maximale Beschleunigung als die Maximalbeschleunigung verwendet wird. Wenn das Verfahren mit einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve eingesetzt wird, die die Stetigkeit der Beschleunigung erfüllt, besteht jedoch eine Neigung, daß der Betrieb des Manipulators ins Schwingen gerät.

[0050] Fig. 2 ist ein erläuternder Graph zur Erläuterung der Schwingung des Manipulators in diesem Fall. Fig. 2 zeigt die Beziehung (eine mit (a) bezeichnete Kurve) zwischen dem Ausmaß der Motorbewegung und dem Maximum des Beschleunigungsdifferentialwertes bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung. In dem Graphen sind die horizontale Achse und die vertikale Achse durch dimensionslose Parameter dargestellt, die durch Dividieren des Ausmaßes der Bewegung und des Maximums des Beschleunigungsdifferentialwertes mit jeweiligen Referenzwerten erhalten werden. Dabei wird (b) später beschrieben.

[0051] In Fig. 2 ist S das Soll-Ausmaß der Motorbewegung, und S_{min} ist das minimale Ausmaß der Motorbewegung, das erforderlich ist, damit die Motorbewegung eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und die vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann. J ist der Maximal-Beschleunigungsdifferentialwert bei dem Soll-Ausmaß S der Bewegung, und J_{max} ist der Maximal-Beschleunigungsdifferentialwert, wenn die Bewegung keine kleine Bewegung ist (d. h. das Soll-Ausmaß S der Bewegung nicht kleiner als S_{min} ist).

[0052] Der hier verwendete Beschleunigungsdifferentialwert bezeichnet einen Wert, der durch Differenzieren der Beschleunigung erhalten wird. Der Beschleunigungsdifferentialwert wird als ein Indikator zum Herausfinden der Tendenz zum Schwingen genutzt. Es ist die allgemeine Tendenz bekannt, daß eine Schwingung sich verstärkt, wenn der Beschleunigungsdifferentialwert groß ist. Bezogen auf Fig. 2 und mit Rücksicht auf diese allgemeine Tendenz nimmt der Beschleunigungsdifferentialwert zu, wenn S/S_{min} gegen Null geht. Das heißt, es kann angenommen werden, daß die

Schwingung zunimmt, wenn das Soll-Ausmaß der Bewegung abnimmt.

[0053] Wie in Fig. 2 als Kurve (b) gezeigt, zielt daher die vorliegende Erfindung darauf ab, Restschwingung zu unterdrücken, indem der maximale Beschleunigungsdifferentialwert so begrenzt (gesteuert) wird, daß er in dem Gebiet über einem Punkt X des Ausmaßes der Bewegung nicht größer als ein vorgegebener Wert wird, wobei aber der maximale Beschleunigungsdifferentialwert bei einer Verringerung des Soll-Ausmaßes der Bewegung bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung größer wird. Das Verfahren zum Bestimmen der Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve zum Durchführen einer solchen angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung wird im folgenden im Detail beschrieben.

[0054] Bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung wird zwar ein deutlicher Schwingungsunterdrückungseffekt erwartet, die benötigte Bewegungszeit ist jedoch im Vergleich mit der angewiesenen Beschleunigungssteuerung verlängert. Andererseits hat die angewiesene Beschleunigungssteuerung den Vorteil, daß die Bewegungszeit verkürzt werden kann, sie hat aber den Nachteil, daß die Schwingung verstärkt ist. Es gibt zwei Arten von Arbeit bei dem Manipulator. Ein Typ ist die Arbeit, die eine ausreichende Exaktheit verlangt (Arbeit, bei der Restschwingung vermieden werden muss), und der andere Typ ist die Arbeit, bei der der Geschwindigkeit mehr oder weniger Vorrang vor der Exaktheit eingeräumt wird. Es ist daher bevorzugt, daß das Steuerverfahren entsprechend dem Zweck der Arbeit wählbar ist. Aus diesem Grund ist diese Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung so konfiguriert, daß zwischen der angewiesenen Beschleunigungssteuerung und der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung umgeschaltet werden kann, und daß ein Punkt zum Umschalten der Steuerung nach dem Willen des Benutzers festgelegt werden kann. 1 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0055] In Fig. 1 ist eine Beschleunigungs-/Verzögerungssteuereinrichtung 1 gebildet durch eine Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung 2 und eine Referenzwerterzeugungseinrichtung 3. Die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung 2 berechnet eine neue Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung, die einem Soll-Ausmaß der Motorbewegung entsprechen, auf der Grundlage des Soll-Ausmaßes der Bewegung und einer vorgegebenen maximalen Motorgeschwindigkeit und einer vorgegebenen maximalen Motorbeschleunigung, und gibt die Ergebnisse der Berechnung aus. Die Referenzwerterzeugungseinrichtung 3 erzeugt einen Positionsreferenzwert (eine Zielposition oder eine Differenz zwischen der gegenwärtigen Position und der Zielposition) fortlaufend auf der Grundlage der Geschwindigkeit und Beschleunigung, die von der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung 2 zugeführt werden, und gibt den Positionsreferenzwert aus.

[0056] Ein Servomotor-Controller 4 empfängt den Positionsreferenzwert von der Beschleunigungs-/Verzögerungssteuereinrichtung 1, wandelt den Positionsreferenzwert in einen Drehmomentreferenzwert um und steuert den Betrieb eines Servomotors 5 auf der Grundlage des Drehmomentreferenzwertes. Die Referenzwerterzeugungseinrichtung 3 führt eine Operation in einem vorgegebenen Zeitraum T_{sample} wiederholt aus, um eine Bewegungsbahn von einem Bahnanfangspunkt zu einem Bahnendpunkt zu bilden, und schließt die Operation zu einem Operationsabschlußzeitpunkt T_{end} ab. Der Servomotor-Controller 4 führt eine Rückkopplungssteuerung durch, so daß die Position des Servomotors 5 immer einer von der Referenzwerterzeugungseinrichtung 3 gelieferten Positionsreferenz folgt.

[0057] Eine Einstelleinrichtung 6 kann von einem Benutzer betätigt werden, um einen Umschaltpunkt zum Umschalten zwischen angewiesener Beschleunigungssteuerung und angewiesener Beschleunigungsdifferentialsteuerung einzustellen. Die vom Benutzer zum Einstellen des Schaltpunktes eingegebenen Daten sind ein Verhältnis (Parameter C) zum minimalen Ausmaß S_{min} der Motorbewegung, und das Verhältnis ist bezeichnet durch eine Zahl von 1 bis 100. Auf der Grundlage des durch die Einstelleinrichtung 6 eingegebenen Parameters C wird das Ausmaß S_x der Motorbewegung (im folgenden als "Umschaltpunkt S_x " bezeichnet), das geräteseitig als Umschaltpunkt eingestellt wird, durch $S_x = C \times S_{\text{min}}/100$ berechnet. Der Schaltpunkt S_x wird in einem nicht gezeigten Speicher gespeichert, wodurch die Einstellung des Schaltpunktes S_x vollendet wird. Dabei kann der Parameter C als direkter Wert durch den Benutzer eingegeben oder aus einer Mehrzahl von Werten vom Benutzer ausgewählt werden. Natürlich kann der Parameter C vorab geräteseitig als ein fester Wert eingestellt werden.

[0058] Fig. 3 bis 5 sind Graphen, die Beispiele der Beschleunigungskurve zeigen, die die Stetigkeit der Beschleunigung erfüllen. Fig. 3 bis 5 zeigen jeweils eine Kurve einer trigonometrischen Funktion (Sinusfunktion) (im folgenden als "Sinuskurve" bezeichnet), eine Kurve einer trigonometrischen Funktion (Sinusfunktion), modifiziert mit einem Abschnitt gleichförmiger Beschleunigung, der zwischen dem Anfang der Beschleunigung und dem Ende der Beschleunigung vorgesehen ist (im folgenden als "modifizierte Sinuskurve" bezeichnet) und eine Kurve einer linearen Funktion (im folgenden als "Dreieckskurve" nach ihrer Gestalt bezeichnet). Fig. 3 bis 5 zeigen zwar der Einfachheit halber den Fall, wo ein gleicher Maximalbeschleunigungswert A_{max} sowohl in einem Beschleunigungszeitraum als auch in einem Verzögerungszeitraum verwendet wird, doch versteht sich, daß unterschiedliche Werte verwendet werden können. In der folgenden Beschreibung wird der Betrieb im Beschleunigungszeitraum (d. h. $0 \leq t \leq T$ (T : Beschleunigungszeit)) beschrieben; die Beschreibung des Betriebs im Verzögerungszeitraum wird fortgelassen.

[0059] Der Betrieb dieser Ausgestaltung wird im folgenden mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0060] Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das einen Fluß der Verarbeitung in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0061] Zunächst wird das minimale Ausmaß S_{min} der Motorbewegung berechnet, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit V_{max} und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung A_{max} wie vom Benutzer vorgegeben erreicht (S1). Diese Berechnung wird im folgenden in Verbindung mit jeder Beschleunigungs-/Verzögerungskurve beschrieben.

(1) Fall der Sinuskurve

[0062] Funktionen für die Beschleunigung a , Geschwindigkeit v und Ausmaß s der Bewegung mit Bezug auf t sind wie folgt.

$$a = A_{\max} \cdot \sin \left[\frac{\pi}{T} t \right] \quad \dots (1)$$

$$v = \frac{A_{\max} T}{\pi} - \frac{A_{\max} T}{\pi} \cos \left[\frac{\pi}{T} t \right] \quad \dots (2)$$

$$s = \frac{A_{\max} T}{\pi} t - \frac{A_{\max} T^2}{\pi^2} \sin \left[\frac{\pi}{T} t \right] \quad \dots (3)$$

wobei ($0 \leq t \leq T$)

[0063] Dabei wird die Beschleunigungszeit T erhalten durch $T = \pi V_{\max} / 2 A_{\max}$, weil die Geschwindigkeit v den vorgegebenen Wert V_{\max} zur Beschleunigungszeit T erreicht. Das minimale Ausmaß S_{\min} der Motorbewegung ist ein Wert, der erhalten wird durch Verdoppeln eines Integralwertes der Geschwindigkeit v in einem Zeitraum von der Zeit 0 bis zur Beschleunigungszeit T (weil das Ausmaß der Bewegung im Verzögerungszeitraum hinzuaddiert wird). Das heißt S_{\min} ist gegeben durch den folgenden Ausdruck.

$$S_{\min} = \pi V_{\max}^2 / 2 A_{\max} \quad (4)$$

[0064] Im Falle der anderen Beschleunigungs-/Verzögerungskurven können diese Ausdrücke in der gleichen Weise wie oben beschrieben erhalten werden. Das heißt im Falle der anderen Beschleunigungs-/Verzögerungskurven werden sie erhalten durch Kombinationen der folgenden Ausdrücke (5) bis (8) bzw. (9) bis (12).

(2) Fall der modifizierten Sinuskurve

$$\left. \begin{aligned} 5 \quad a &= A_{\max} \sin \left[\frac{2\pi}{T} t \right] & \left[0 \leq t < \frac{T}{4} \right] \\ 10 \quad a &= A_{\max} & \left[\frac{T}{4} \leq t < \frac{3}{4} T \right] \\ 15 \quad a &= A_{\max} \sin \left[\frac{2\pi}{T} t - \pi \right] & \left[\frac{3}{4} T \leq t \leq T \right] \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} 25 \quad v &= \frac{A_{\max} T}{2\pi} - \frac{A_{\max} T}{2\pi} \cos \left[\frac{2\pi}{T} t \right] & \left[0 \leq t < \frac{T}{4} \right] \\ 30 \quad v &= A_{\max} t - \frac{A_{\max} T (\pi - 2)}{4\pi} & \left[\frac{T}{4} \leq t < \frac{3}{4} T \right] \\ 35 \quad v &= -\frac{A_{\max} T}{2\pi} \cos \left[\frac{2\pi}{T} t - \pi \right] + \frac{A_{\max} T (\pi + 1)}{2\pi} & \left[\frac{3}{4} T \leq t \leq T \right] \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

$$\left. \begin{aligned}
 s &= \frac{A_{\max} T}{2\pi} t - \frac{A_{\max} T^2}{4\pi^2} \sin \left[\frac{2\pi}{T} t \right] & \left[0 \leq t < \frac{T}{4} \right] \\
 s &= \frac{A_{\max}}{2} t^2 - \frac{A_{\max} T(\pi-2)}{4\pi} t + \frac{A_{\max} T(\pi^2-8)}{32\pi^2} & \left[\frac{T}{4} \leq t < \frac{3}{4} T \right] \\
 s &= \frac{A_{\max} T(\pi+1)}{2\pi} t - \frac{A_{\max} T^2}{4\pi^2} \sin \left[\frac{2\pi}{T} t - \pi \right] - \frac{A_{\max} T}{4} & \left[\frac{3}{4} T \leq t \leq T \right]
 \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

$$T = \frac{2\pi V_{\max}}{(\pi+2)A_{\max}}$$

$$S_{\min} = \frac{2\pi V_{\max}^2}{(\pi+2)A_{\max}} \dots (8)$$

(3) Fall der Dreieckskurve

$$a = \frac{2A_{\max}}{T} t \quad \left[0 \leq t < \frac{T}{2} \right]$$

$$a = 2A_{\max} - \frac{2A_{\max}}{T} t \quad \left[\frac{T}{2} \leq t \leq T \right]$$

$$v = \frac{A_{\max}}{T} t^2 \quad \left[0 \leq t < \frac{T}{2} \right]$$

$$v = 2A_{\max} t - \frac{A_{\max}}{T} t^2 - \frac{A_{\max} T}{2} \quad \left[\frac{T}{2} \leq t \leq T \right]$$

$$\begin{aligned}
 5 \quad s &= \frac{A_{\max}}{3T} t^3 & \left. \begin{aligned} &0 \leq t < \frac{T}{2} \end{aligned} \right\} \\
 10 \quad s &= -\frac{A_{\max}}{3T} t^3 + A_{\max} t^2 - \frac{A_{\max} T}{2} t + \frac{A_{\max} T^2}{12} & \left. \begin{aligned} &\frac{T}{2} \leq t \leq T \end{aligned} \right\} \dots (11) \\
 15 \quad T &= \frac{2V_{\max}}{A_{\max}}
 \end{aligned}$$

$$20 \quad s_{\min} = \frac{2V_{\max}^2}{A_{\max}} \dots (12)$$

25 **[0065]** Das Ausmaß S der Motorbewegung (das Soll-Ausmaß der Motorbewegung), das vom Benutzer eingegeben worden ist, wird mit dem minimalen Ausmaß S_{\min} der Motorbewegung verglichen ($S2$). Wenn das Soll-Ausmaß S der Bewegung kleiner als das minimale Ausmaß S_{\min} der Bewegung ist, wird das Soll-Ausmaß S der Bewegung ferner mit dem Umschaltpunkt S_x verglichen ($S3$).

30 **[0066]** Der Umschaltpunkt S_x ist vorab auf der Grundlage des vom Benutzer eingegebenen Parameters C festgelegt. Der Prozeß zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung läuft in den drei Fällen (I) bis (III) jeweils entsprechend den Ergebnissen dieser Vergleiche unterschiedlich ab, so daß die Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung in einem der drei Fälle bestimmt werden. Dabei entsprechen die Fälle (II) und (III) der kleinen Bewegung.

35 **[0067]** Das Verfahren zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung wird nachfolgend für jeden der drei Fälle beschrieben.

Fall (I)

40 **[0068]** Der Fall (I) entspricht nicht einer kleinen Bewegung. Daher kann der Motor mit der vorgegebenen Maximalgeschwindigkeit V_{\max} und der vorgegebenen Maximalbeschleunigung A_{\max} betrieben werden. Daher werden diese vorgegebenen Werte als Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung in dem festzulegenden Beschleunigungs-/Verzögerungsbetrieb verwendet.

Fall (II) (angewiesene Beschleunigungssteuerung)

45 **[0069]** Die vorgegebene Maximalbeschleunigung A_{\max} wird als Maximalbeschleunigung verwendet, doch die Maximalgeschwindigkeit wird neu berechnet ($S4$). Die hier neu berechnete Maximalgeschwindigkeit V_a ist der Maximalwert der Geschwindigkeit, der im Betrieb mit dem Soll-Ausmaß S der Motorbewegung unter der Bedingung erreicht wird, daß der Motor entlang einer Beschleunigungskurve betrieben wird, die die maximale Beschleunigung A_{\max} hat. Daher wird die Maximalgeschwindigkeit V_a neu berechnet, indem S_{\min} in den Ausdrücken (4), (8) und (12) durch das Soll-Ausmaß S der Bewegung entsprechend den Beschleunigungs-/Verzögerungskurven ersetzt wird, während die Maximalbeschleunigung A_{\max} unverändert gehalten wird. Das heißt, die Maximalgeschwindigkeit V_a ist gegeben durch die folgenden Ausdrücke

(1) Fall der Sinuskurve

$$55 \quad V_a = (2 \cdot A_{\max} \cdot S/\pi)^{1/2}$$

(2) Fall der modifizierten Sinuskurve

$$60 \quad V_a = ((\pi+2) \cdot A_{\max} \cdot S/\pi)^{1/2}$$

(3) Fall der Dreieckskurve

$$65 \quad V_a = (A_{\max} \cdot S/2)^{1/2}$$

Fall (III) (angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung)

[0070] In diesem Fall werden sowohl Maximalgeschwindigkeit V_a als auch Maximalbeschleunigung A_a neu berechnet. Erst wird der Maximalwert J_x des Beschleunigungsdifferentialwertes am Schalterpunkt S_x erhalten (S5). Dann werden sowohl Maximalgeschwindigkeit V_a als auch Maximalbeschleunigung A_a so neu berechnet, daß der Maximalwert des Beschleunigungsdifferentialwertes J_x wird (S6). Dabei wird der Beziehungsausdruck zwischen J_{\max} und der vorgegebenen Maximalgeschwindigkeit V_{\max} und der Maximalbeschleunigung A_{\max} vor der Berechnung von J_x erhalten.

[0071] Fig. 7 bis 9 sind Graphen, die jeweils Beschleunigungsdifferentialkurven zu den in den Fig. 4 bis 6 abgebildeten Beschleunigungs-/Verzögerungskurven zeigen.

(1) Fall der Sinuskurve

[0072] Die Beschleunigungsdifferentialfunktion wird erhalten durch Differenzieren der Beschleunigungsfunktion des Ausdrucks (1). Das heißt, die Beschleunigungsdifferentialfunktion ist gegeben durch den folgenden Ausdruck.

$$J = \frac{2A_{\max}^2}{V_{\max}} \cos \left[\frac{2A_{\max}}{V_{\max}} t \right] \quad (0 \leq t \leq T)$$

[0073] So wird der durch den folgenden Ausdruck gegebene Beziehungsausdruck erhalten.

$$J_{\max} = 2A_{\max}^2/V_{\max}$$

[0074] Auch in jedem der Fälle (2) und (3) der Beschleunigungs-/Verzögerungskurven wird der Beziehungsausdruck in der gleichen Weise wie oben beschrieben erhalten. Das heißt, der Beziehungsausdruck ist wie folgt.

(2) Fall der modifizierten Sinuskurve

$$J = \frac{(\pi+2)A_{\max}^2}{V_{\max}} \cos \left[\frac{(\pi+2)A_{\max}}{V_{\max}} t \right] \quad \left[0 \leq t \leq \frac{T}{4} \right]$$

$$J = 0 \quad \left[\frac{T}{4} \leq t < \frac{3}{4} T \right]$$

$$J = \frac{(\pi+2)A_{\max}^2}{V_{\max}} \cos \left[\frac{(\pi+2)A_{\max}}{V_{\max}} t - \pi \right] \quad \left[\frac{3}{4} T \leq t \leq T \right]$$

$$J_{\max} = \frac{(\pi+2)A_{\max}^2}{V_{\max}}$$

(3) Fall der Dreieckskurve

$$J = A_{\max}^2/V_{\max} \quad (0 \leq t < T/2)$$

$$J = -A_{\max}^2/V_{\max} \quad (T/2 \leq t \leq T)$$

$$J_{\max} = A_{\max}^2 / V_{\max}$$

- 5 **[0075]** Der maximale Beschleunigungsdifferentialwert J_x ist gegeben durch die folgenden Ausdrücke, wobei die Maximalgeschwindigkeit V_x am Schaltpunkt S_x und die vorgegebene Maximalbeschleunigung A_{\max} auf der Grundlage der oben erwähnten Beziehungsausdrücke verwendet werden. Dabei wird die Maximalgeschwindigkeit V_x entsprechend den Beschleunigungs-/Verzögerungskurven erhalten, indem S_{\min} in den Ausdrücken (4), (8) und (12) durch S_x ersetzt und dabei A_{\max} unverändert gehalten wird.

(1) Fall der Sinuskurve

10 $J_x = 2A_{\max}^2 / V_x$

(2) Fall der modifizierten Sinuskurve

15 $J_x = (\pi+2) \cdot A_{\max}^2 / V_x$

(3) Fall der Dreieckskurve

20 $J_x = A_{\max}^2 / V_x$

- 20 **[0076]** Nachdem der maximale Beschleunigungsdifferentialwert J_x erhalten worden ist, werden die Maximalgeschwindigkeit V_a und die Maximalbeschleunigung A_a erhalten. Die neu zu berechnende Maximalgeschwindigkeit V_a und Maximalbeschleunigung A_a sind für jede der Beschleunigungs-/Verzögerungskurven durch die folgenden drei Ausdrücke gegeben. Für jede Beschleunigungs-/Verzögerungskurve werden die Maximalgeschwindigkeit V_a und die Maximalbeschleunigung A_a jeweils mit den folgenden Ausdrücken (13) und (14) berechnet.

(1) Fall der Sinuskurve

30 $S_x = \pi \cdot V_x^2 / 2A_{\max}$

$S = \pi \cdot V_a^2 / 2A_a$

$2 \cdot A_{\max} / V_x = 2 \cdot A_a / V_a$

(2) Fall der modifizierten Sinuskurve

35 $S_x = 2\pi \cdot V_x^2 / (\pi+2) \cdot A_{\max}$

$S = \pi \cdot V_a^2 / (\pi+2) \cdot A_a$

40 $((\pi+2) \cdot A_{\max}^2) / V_x = ((\pi+2) \cdot A_a^2) / V_a$

(3) Fall der Dreieckskurve

45 $S_x = 2V_x^2 / A_{\max}$

$S = 2V_a^2 / A_a$

$A_{\max}^2 / V_x = A_a^2 / V_a$

50 $V_a = V_x \cdot (S/S_x)^{2/3} \quad (13)$

$A_a = A_{\max} \cdot (S/S_x)^{1/3} \quad (14)$

- 55 **[0077]** Auf diese Weise werden die Maximalgeschwindigkeit V_a und die Maximalbeschleunigung A_a in einem Beschleunigungs-/Verzögerungsprozeß mit einem vorgegebenen Beschleunigungsdifferentialalgorithmus gemäß dem Soll-Ausmaß S der Motorbewegung erhalten, das der kleinen Bewegung entspricht. Eine Beschleunigungs-/Verzögerungskurve wird auf der Grundlage der Maximalgeschwindigkeit V_a und der Maximalbeschleunigung A_a erzeugt, so daß die Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung auf der Grundlage der Beschleunigungs-/Verzögerungskurve durchgeführt wird.

- 60 **[0078]** Anschließend wird die gleiche Operation wie im Fall der allgemeinen Positionierung durchgeführt. Das heißt, die Operationsabschlußzeit T_{end} wird berechnet (S7), das Ausmaß der Bewegung zu jedem Abtastzeitpunkt (T_{sample}) wird auf Grundlage der Maximalgeschwindigkeit V_a und der Maximalbeschleunigung A_a berechnet, die Zielabschnittsreferenz wird auf der Grundlage des Ausmaßes der Bewegung erhalten (S8 bis S12) und der Positionsreferenzwert wird dem Servomotor-Controller 4 zugeführt (S13 und S14), während eine Kopplung hergestellt wird. Der Servomotor-Controller 4 wandelt den Positionsreferenzwert in einen Drehmomentreferenzwert um und steuert den Servomotor 5 so, daß er sich entsprechend dem Drehmomentreferenzwert bewegt. Die Verarbeitung von Schritt S9 bis Schritt S14 wird bis zum Operationsabschlußzeitpunkt T_{end} wiederholt. Wenn der Operationsabschlußzeitpunkt T_{end} erreicht ist (S10) ist

die Operation abgeschlossen. Bei dieser Ausgestaltung wurde zwar der Fall gezeigt, wo der Abschluß der Operation anhand der Zeit beurteilt wird, aber selbstverständlich kann der Abschluß der Operation auch anhand des Ausmaßes der Bewegung an sich beurteilt werden. Das Verfahren der Kopplung an den Servomotor-Controller 4 ist nicht auf das oben erwähnte Verfahren beschränkt.

[0079] Fig. 10 ist ein Graph zum Erläutern des Unterschieds in der Restschwingungscharakteristik eines mechanischen Systems bei einer kleinen Bewegung zwischen dem Fall (a), wo das mechanische System unter der angewiesenen Beschleunigungssteuerung steht, und dem Fall (b), wo das mechanische System unter der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung steht. Zeit und Amplitude sind jeweils entlang der horizontalen bzw. vertikalen Achse dargestellt, der Graph ist allerdings nicht streng quantitativ. Aus Fig. 10 wird deutlich, daß die Restschwingung bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung kleiner ist als bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung.

[0080] Wie oben im Detail beschrieben, wird bei dieser Ausgestaltung der maximale Beschleunigungsdifferentialwert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung mit einem vorgegebenen Wert in Übereinstimmung gebracht, so daß der maximale Beschleunigungsdifferentialwert begrenzt ist und daran gehindert ist, einen großen Wert anzunehmen. Dadurch kann die einem Manipulator aufgeprägte Schwingung unterdrückt werden.

[0081] Insbesondere beim Antreiben (Beginn der Beschleunigung) oder Anhalten (Ende der Verzögerung) des Manipulators, wenn der Beschleunigungsdifferentialwert maximal wird, kann ein Arm des Manipulators ohne starke Schwingung angetrieben oder angehalten werden. Dadurch wird die Restschwingung verringert, so daß eine schnelle Positionierung durchgeführt und die Arbeitsgeschwindigkeit verbessert werden kann.

[0082] Ferner wird bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der maximale Beschleunigungsdifferentialwert am Schaltpunkt bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung als maximaler Beschleunigungsdifferentialwert der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung verwendet, so daß die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und die Bewegungszeit sich entsprechend dem Ausmaß der Bewegung des Manipulators stetig ändern. Dadurch wird ein im Ganzen natürlicher Betrieb erreicht.

[0083] Ferner kann zwischen der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung und der angewiesenen Beschleunigungssteuerung umgeschaltet werden. Daher kann ein System sowohl im Hinblick auf eine Verringerung der Bewegungszeit als auch eine Unterdrückung der Schwingung konstruiert werden.

[0084] Ferner kann der Umschaltpunkt nach dem Willen des Benutzers verändert werden. Der Umschaltpunkt kann also so eingestellt werden, daß er entsprechend der Exaktheit, dem zulässigen Schwingungsbereich, etc., die für das konstruierte System erforderlich sind, optimiert wird.

[0085] Ferner kann der Umschaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter (Rate) bezeichnet werden. Daher kann der Umschaltpunkt ohne Berücksichtigung des Ausmaßes der Motorbewegung eingestellt werden.

[0086] Diese Ausgestaltung ist zwar in Verbindung mit den drei Fällen der Beschleunigungsfunktion beschrieben worden, doch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt, und eine beliebige Funktion kann ausgewählt werden, wenn die Funktion stetig ist.

[0087] Die Ausgestaltung ist zwar für den Fall beschrieben worden, daß ein Servomotor 5 vorgesehen ist, doch versteht sich, daß auch eine Mehrzahl von Servomotoren vorgesehen sein kann.

Patentsprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve des Motors bei einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung mit stetiger Änderung der Beschleunigung in dem Fall, wo ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei das Verfahren einen Schritt des Bestimmens einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung umfaßt, so daß ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, d. h. der Ableitung der Beschleunigung, nicht größer als ein vorgegebener Wert oder gleich dem vorgegebenen Wert wird.

2. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve des Motors bei einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung mit stetiger Änderung der Beschleunigung, in dem Fall, wo ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei das Verfahren einen Schritt des Bestimmens einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung durch Auswählen und Durchführen eines von zwei Prozessen entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung umfaßt, wobei die zwei Prozesse aus Prozessen bestehen: zum Neubestimmen einer Maximalgeschwindigkeit zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung, wobei die vorgegebene Maximalbeschleunigung als eine Maximalbeschleunigung für diese Steuerung angepaßt wird; und zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung entsprechend dem Soll-Ausmaß der Motorbewegung, um einen Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als einen vorgegebenen Wert oder gleich dem vorgegebenen Wert zu machen.

3. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors nach Anspruch 2, bei dem der vorgegebene Wert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung an einem Umschaltpunkt ist, wo der Prozeß umgeschaltet wird.

4. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors nach Anspruch 3, bei dem der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes an dem Umschaltpunkt auf der Grundlage einer Maxi-

malgeschwindigkeit spezifiziert wird, die erforderlich ist, um das Soll-Ausmaß der Motorbewegung mit der vorgegebenen Maximalbeschleunigung auf der Grundlage der vorgegebenen Maximalbeschleunigung zu erreichen.

5. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors nach einem der Ansprüche 3 und 4, bei dem die Einstellung des Umschaltpunktes von einem Benutzer willkürlich verändert werden kann.

6. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem der Umschaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet ist.

7. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors nach Anspruch 6, bei dem der Parameter ein Verhältnis relativ zum minimalen Ausmaß der Motorbewegung ist.

8. Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung vorgesehen ist, um eine Positionierung eines Steuerungsgegenstandes durchzuführen und dabei eine Schwingung des Gegenstandes zu unterdrücken.

9. Verfahren zum Erzeugen einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve eines Motors, mit einem Schritt des Erzeugens einer Beschleunigungs-/Verzögerungskurve auf der Grundlage der Maximalgeschwindigkeit und der Maximalbeschleunigung, die mit dem Verfahren zum Bestimmen von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Motors, wie in einem der Ansprüche 1 bis 8 definiert, erhalten wurden.

10. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung eines Motors, um den Motor durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors zu beschleunigen/verzögern, wobei das Verfahren einen Schritt des Durchführens einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung auf der Grundlage einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung umfaßt, um einen Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als einen vorgegebenen Wert oder konstant gleich dem vorgegebenen Wert zu machen, wenn ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann.

11. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung eines Motors zum Beschleunigen/Verzögern des Motors durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors, wobei das Verfahren einen Schritt des Auswählens und Durchführens eines von zwei Steuerprozessen entsprechend einem Soll-Ausmaß der Motorbewegung in dem Fall umfaßt, wo das Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und die vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei die zwei Steuerprozesse aus einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung und einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung bestehen, wobei die angewiesene Beschleunigungssteuerung den Motor so steuert, daß eine Maximalbeschleunigung bei der Beschleunigungs-/Verzögerungsoperation gleich der vorgegebenen Maximalbeschleunigung wird und die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung den Motor so steuert, daß ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als oder konstant gleich einem vorgegebenen Wert wird.

12. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung nach Anspruch 11, bei dem der vorgegebene Wert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung an einem Umschaltpunkt ist, wo der Prozeß umgeschaltet wird.

13. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung nach Anspruch 12, wo der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes an dem Schaltpunkt auf der Grundlage einer Maximalbeschleunigung, die erforderlich ist, um das Soll-Ausmaß der Motorbewegung mit der vorgegebenen Maximalbeschleunigung zu erreichen, und auf der Grundlage der vorgegebenen Maximalbeschleunigung spezifiziert wird.

14. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung nach einem der Ansprüche 12 und 13, bei dem die Einstellung des Schaltpunktes willkürlich durch einen Benutzer geändert werden kann.

15. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem der Schaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet wird.

16. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung nach Anspruch 15, bei dem der Parameter ein Verhältnis relativ zu dem minimalen Ausmaß der Motorbewegung ist.

17. Verfahren zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, bei dem die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung vorgesehen ist, um bei der Positionierung eines Gegenstandes der Steuerung eine Schwingung dieses Gegenstandes zu unterdrücken.

18. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung eines Motors zum Beschleunigen/Verzögern des Motors durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors, mit:

einer Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung, so daß ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als oder konstant gleich einem vorgegebenen Wert wird, wenn ein Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, und

einer Referenzwerterzeugungseinrichtung zum Erzeugen und Ausgeben eines Positionsreferenzwertes auf der Grundlage der Maximalgeschwindigkeit und der Maximalbeschleunigung, die durch die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung erhalten sind.

19. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung zum Durchführen einer Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung eines Motors zum Beschleunigen/Verzögern des Motors durch stetiges Ändern der Beschleunigung des Motors, mit:

einer Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung zum Bestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung durch Auswählen und Durchführen eines von zwei Prozessen entsprechend einem Soll-Ausmaß der Motorbewegung in dem Fall, wo das Soll-Ausmaß der Motorbewegung kleiner als ein minimales Ausmaß der Motorbewegung ist, das erforderlich ist, damit die Bewegung des Motors eine vorgegebene Maximalgeschwindigkeit und eine vorgegebene Maximalbeschleunigung erreichen kann, wobei die zwei Prozesse bestehen aus einem Prozeß zum Neubestimmen einer Maximalgeschwindigkeit zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungssteuerung auf der Grundlage des Soll-Ausmaßes der Motorbewegung, um eine Maximalbeschleunigung bei der Beschleunigungs-/Verzögerungsoperation gleich der vorgegebenen Maximalbeschleunigung zu machen, und einem anderen Prozeß zum Neubestimmen einer Maximalgeschwindigkeit und einer Maximalbeschleunigung zum Durchführen einer angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung auf der Grundlage des Soll-Ausmaßes der Motorbewegung derart, dass ein Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes, der eine Ableitung der Beschleunigung ist, nicht größer als oder konstant gleich einem vorgegebenen Wert gemacht wird; und

einer Referenzwerterzeugungseinrichtung zum Erzeugen und Ausgeben eines Positionsreferenzwertes auf der Grundlage der Maximalgeschwindigkeit und Maximalbeschleunigung, die durch die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbestimmungseinrichtung erhalten sind.

20. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach Anspruch 19, bei der der vorgegebene Wert bei der angewiesenen Beschleunigungsdifferentialsteuerung der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes bei der angewiesenen Beschleunigungssteuerung an einem Umschaltpunkt ist, wo der Prozeß umgeschaltet wird.

21. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach Anspruch 20, bei der der Maximalbetrag des Beschleunigungsdifferentialwertes an dem Umschaltpunkt auf der Grundlage einer Maximalgeschwindigkeit, die erforderlich ist, um das Soll-Ausmaß der Motorbewegung durch die vorgegebene Maximalbeschleunigung zu erreichen, und auf der Grundlage der vorgegebenen Maximalbeschleunigung spezifiziert ist.

22. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 20 und 21, ferner mit einer Einstelleinrichtung zum Einstellen und Ändern des Umschaltpunktes.

23. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei der der Umschaltpunkt durch einen dimensionslosen Parameter bezeichnet ist.

24. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach Anspruch 23, bei der der Parameter ein Verhältnis relativ zu dem minimalen Ausmaß der Motorbewegung ist.

25. Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 24, bei der die angewiesene Beschleunigungsdifferentialsteuerung vorgesehen ist, um eine Positionierung eines Gegenstandes der Steuerung durchzuführen und dabei eine Schwingung dieses Gegenstandes zu unterdrücken.

26. Motorsteuervorrichtung mit einer Einrichtung zum Empfangen eines Positionsreferenzwertes, der von der in einem der Ansprüche 18 bis 25 definierten Beschleunigungs-/Verzögerungssteuervorrichtung geliefert wird, um wenigstens einen Motor gemäß dem Positionsreferenzwert zu steuern.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

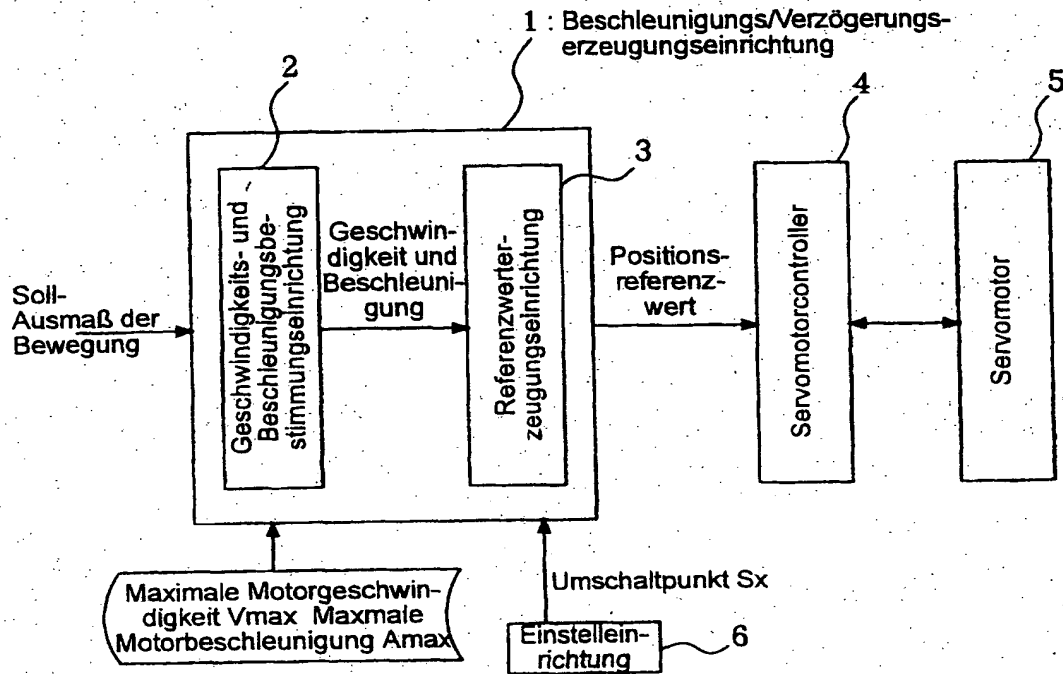


FIG. 2

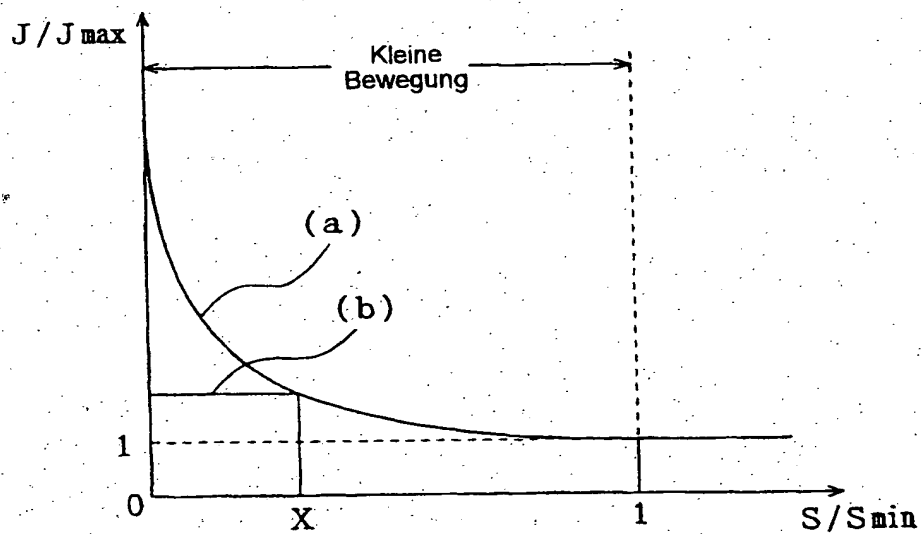


FIG. 3

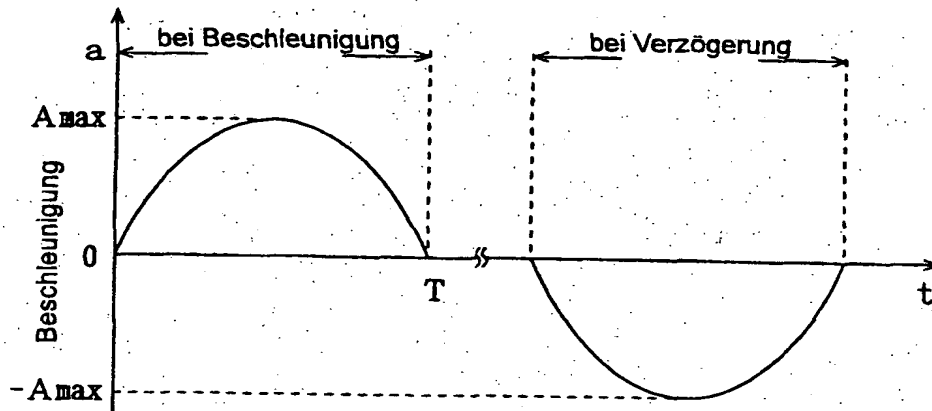


FIG. 4

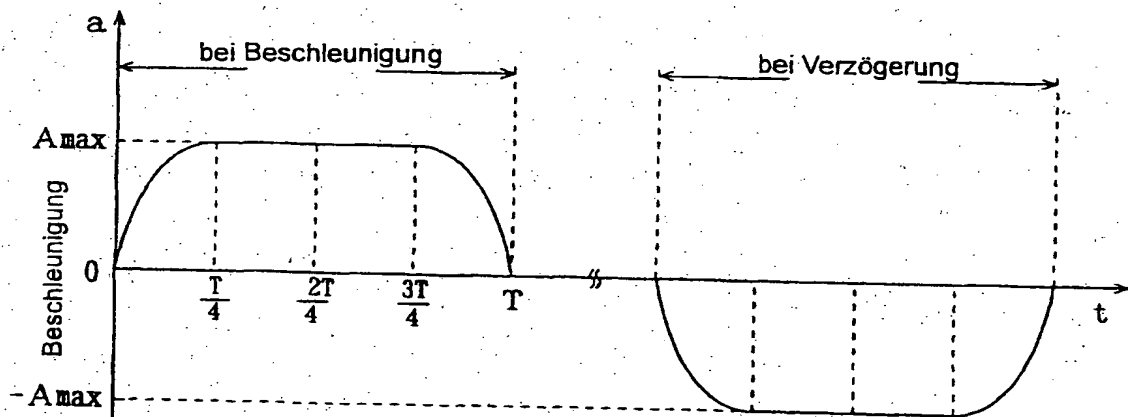


FIG. 5

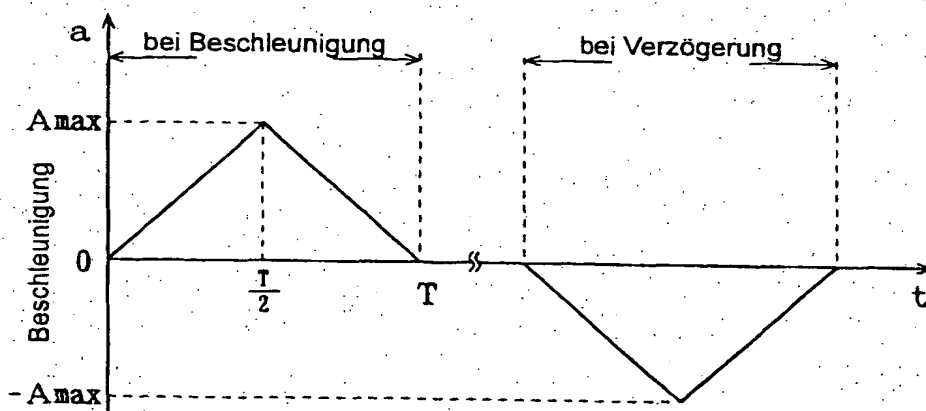


FIG. 6

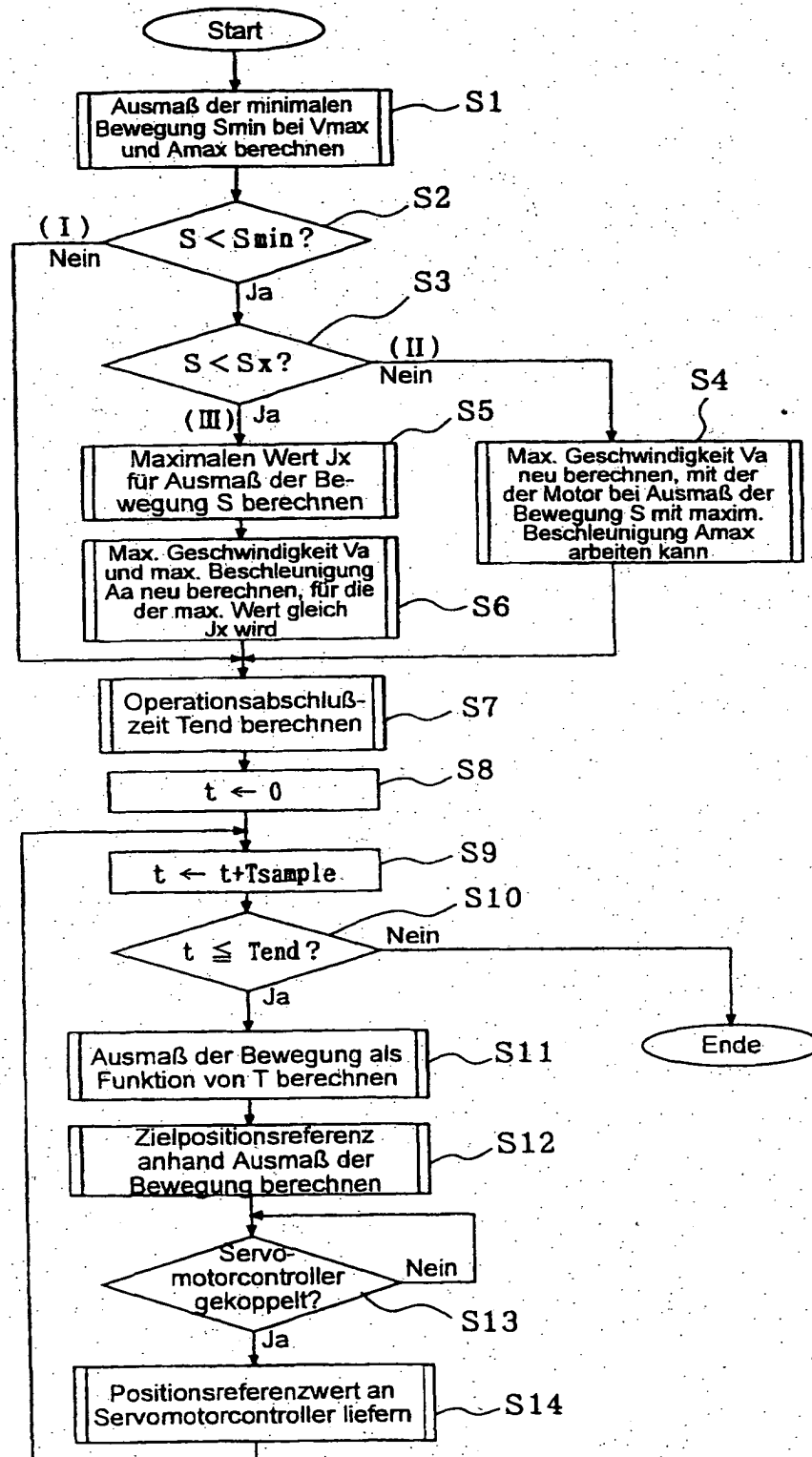


FIG. 7

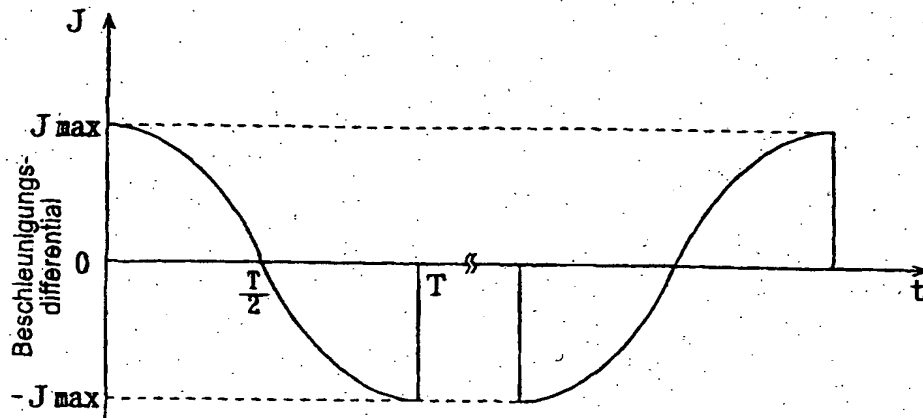


FIG. 8

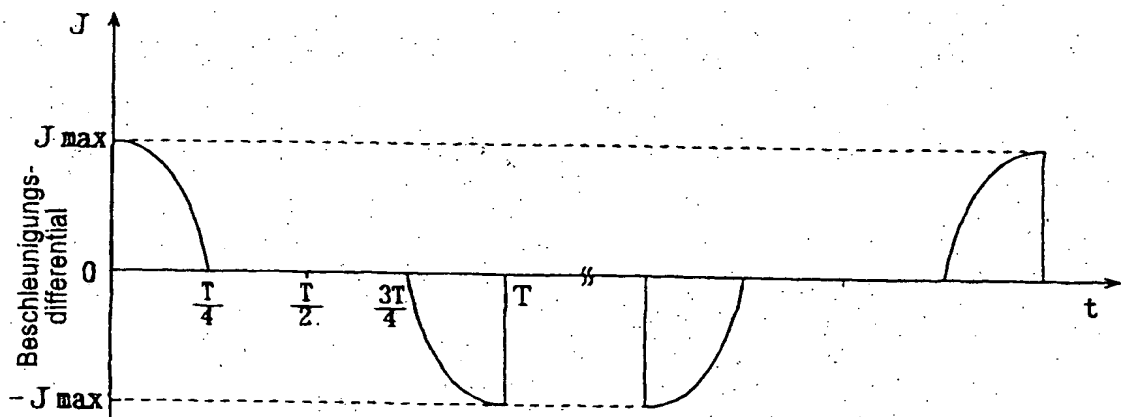


FIG. 9

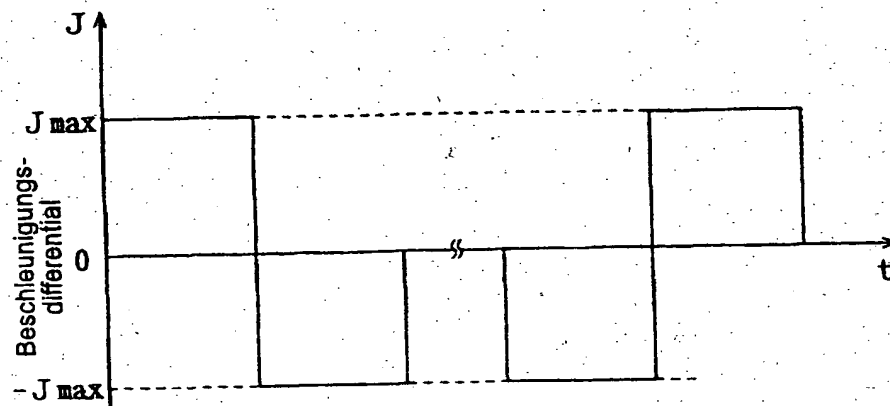


FIG. 10

